

SENSORES, ACTUADORES Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA LA EDIFICACIÓN

¹Alfonso García; ¹Carlos Morón; ¹Gillermo de Ignacio; ¹Enrique Tremps y
²Mercedes González

¹*Dpto. de Tecnología de la Edificación. E.U. Arquitectura Técnica.*

²*Dpto. de Física e Instalaciones Aplicadas a la Edificación. E.T.S. Arquitectura.
Grupo de Sensores y Actuadores, Universidad Politécnica de Madrid*

Palabras Clave: *Sensores, Actuadores, Domótica, Eficiencia energética.*

Resumen

En este trabajo se presentan las líneas de investigación, y resultados, de Sensores y actuadores y Dispositivos electrónicos del Grupo de Sensores y Actuadores. Estas líneas de investigación están orientadas al desarrollo y aplicación de tecnologías, dentro del ámbito de la edificación, enfocadas a la mejora de la eficiencia energética. Se llevan a cabo, principalmente, en la Escuela Universitaria de Arquitectura técnica, y para ello se dispone de los medios asociados al Grupo de Sensores y Actuadores y situados en el laboratorio de Automatismos de la Escuela Universitaria de Arquitectura técnica.

Introducción

El Grupo de Sensores y Actuadores, es un grupo de investigación reconocido de la Universidad Politécnica de Madrid, que actualmente está radicado en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid. A lo largo de sus años de existencia, y antes de su creación sus miembros, ha desarrollado su labor investigadora en diversas líneas, entre las cuales están las de desarrollo de sensores y los dispositivos electrónicos asociados a estos. En los últimos años, estas líneas se han enfocado hacia las aplicaciones domóticas y aplicaciones asociadas a la mejora de la eficiencia energética, pero los miembros del grupo llevan trabajando en sensores para diversas aplicaciones desde los años 90.

La financiación para la realización de estos trabajos ha sido eminentemente pública a través de proyectos de investigación financiados por la UPM, Comunidad de Madrid, CICYT y Comunidad Europea. No obstante, cada vez más la financiación privada ha cofinanciado algunos de estos proyectos (FSE, ASE, HAMEG, ...).

Los resultados científico-técnicos de estas líneas de investigación son numerosos: diferentes comunicaciones a congresos nacionales e internacionales, artículos de investigación en revistas indexadas e incluso alguna patente [1-11].

En estos últimos dos años se han desarrollado varios trabajos por parte de los alumnos de Máster enfocados a mejorar los aspectos docentes asociados tanto

a la Física como a la Domótica en el contexto de la edificación [12-13]. En los dos años de vigencia del Máster de Innovación Tecnológica en la Edificación, se han realizados tres Trabajos fin de Máster asociados a sensores y sistemas domóticos:

- Sensor de vibraciones en estructuras. Calibrado y puesta en práctica.
- Sistema no intrusivo de detección de congelación en conductos de agua.
- Sistemas domóticos aplicados sobre las instalaciones térmicas de las viviendas construidas.

Todos ellos llevados a buen término, cumpliendo sobradamente los objetivos iniciales propuestos y en los plazos previstos.

Actualmente, dentro de estas líneas de investigación, hay un proyecto fin de Máster en desarrollo:

- La absorción acústica a ruido de impacto en placas de aislamiento térmico de suelo radiante.

En la tabla 1 se puede ver una posible clasificación de los sensores.

A continuación se mostrarán los sensores más relevantes que se han desarrollado a lo largo de este tiempo. Por razones de espacio, se omitirá la metodología experimental. Se indicará su tipología y se mostrarán las curvas de medida más relevantes.

Sensores desarrollados

Los sensores desarrollados por este grupo de investigación son habitualmente de los tipos resistivos, capacitivos o inductivos y electromagnéticos (en lo que a parámetro variable se refiere); En cuanto al aporte de energía se refiere, son los moduladores o activos los mayoritariamente desarrollados; por el tipo de señal de salida son de tipo analógico, aunque en muchas ocasiones se añade la electrónica de conversión analógica-digital para el almacenamiento de datos en memorias, su tratamiento digital o su transmisión; El modo de operación suelen ser por comparación, y dentro de este tipo, se tiende a utilizar métodos

Tabla 1: Clasificación de los sensores.

CRITERIO	CLASES
APORTE DE ENERGÍA	Moduladores o activos
	Generadores o pasivos
SEÑAL DE SALIDA	Analógicos
	Digitales
	Todo o nada
MODO DE OPERACIÓN	De deflexión
	De comparación
MAGNITUD FÍSICA A MEDIR	Posición lineal o angular
	Desplazamiento o deformación
	Velocidad lineal o angular
	Aceleración
	Fuerza y par
	Presión
	Caudal
	Temperatura
	Presencia o proximidad
	Táctiles
	Intensidad lumínica
	Sistemas de visión artificial
PARÁMETRO VARIABLE	Resistivos
	Capacitivos
	Inductivos y electromagnéticos
	Generadores
	Digitales
	UNIONES P-N
	Ultrasonidos

de cero para mejorar sus características; y en lo que se refiere a la magnitud a medir, se han desarrollado sensores para la medida de casi todas las magnitudes expuestas.

Sensor de campo magnético basado en procesos anhisteréticos

Se desarrollo un dispositivo capaz de aplicar campos desimanadores de forma repetitiva en el tiempo, realizándose medidas del estado de imanación, a muestras de material amorfo magnético METGLASS 2705M, en los momentos en que no había campo desimanador aplicado. Estas muestras habían sido previamente tratadas para inducir diferentes tipos de anisotropías. La forma de la señal de desimanación se muestra en la figura 1.

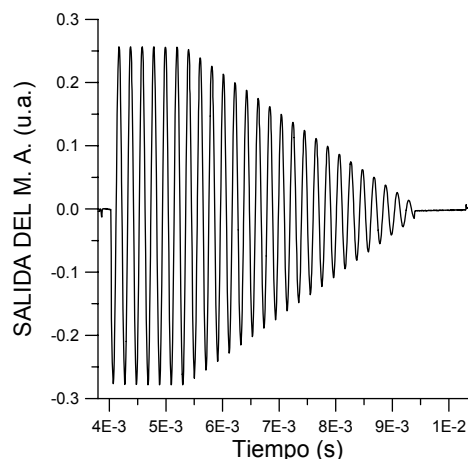


Figura 1: Señal de de desimanación que se aplica a las muestras magnéticas de forma repetitiva.

La desimanación se hizo mediante campos magnéticos y mediante corrientes eléctricas. El dispositivo experimental utilizado es esencialmente el mismo, solo que en uno de los casos se aplica la corriente directamente a la muestra y en el otro se aplica a una bobina auxiliar dentro de la cual se coloca la muestra.

Las respuestas obtenidas para las diferentes muestras (núcleos sensores) se muestran en las figuras 3 y 4. Concluyéndose que para utilizar este método para la medida de campo magnético, es necesario implementar un sistema de medida que utilice métodos de cero.

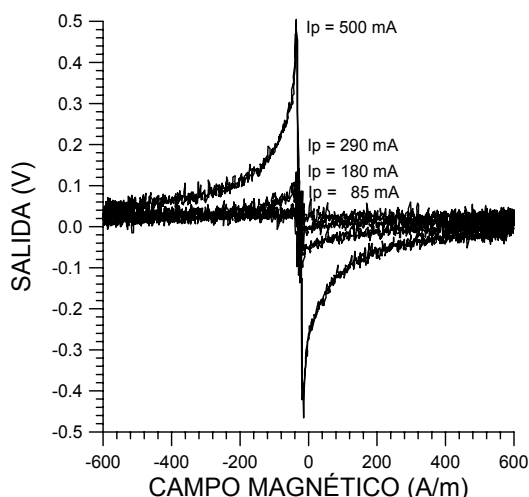


Fig. 2: Salida del sistema de medida frente al campo magnético para muestras con anisotropía longitudinal y para cuatro corrientes máximas de desimanación.

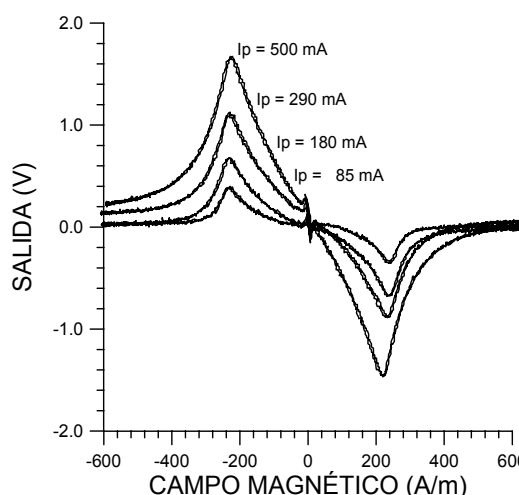


Fig. 3: Salida del sistema de medida frente al campo magnético para muestras con anisotropía transversal y para cuatro corrientes máximas de desimanación.

Sensor de campo magnético biaxial

En el desarrollo de este sensor se pretendía mejorar la sensibilidad y capacidades de los sensores de tipo Flux-Gate utilizados para la detección de submarinos. El sensor consiste en una lámina circular de material magnético amorfo METGLASS 2705M tratada de manera que la anisotropía fuera uniforme en el plano de la muestra (cabeza sensora). Aplicando una doble excitación magnética senoidal desfasada 90° y aplicada de forma perpendicular entre sí, se consigue obtener un campo magnético de amplitud constante y cuya dirección gira en el plano con velocidad angular constante. El dispositivo experimental y la disposición de la cabeza sensora se muestra en la figura 4

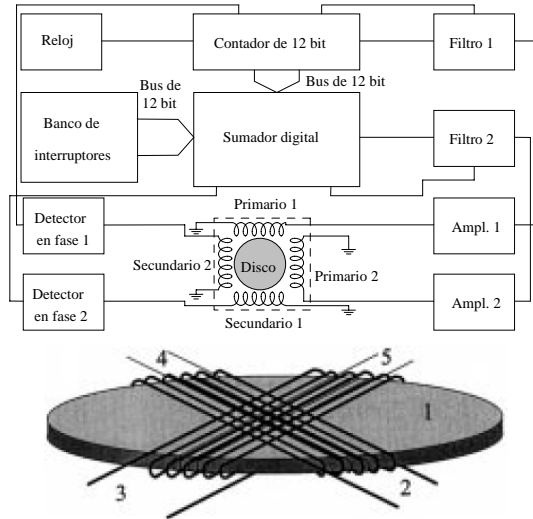


Fig. 4: Dispositivo experimental y disposición de la cabeza sensora.

Las medidas realizadas se basan en la asimetría generada en la señal de respuesta del dispositivo, por lo que se desarrollo la electrónica necesaria para medir solo el segundo armónico de la señal de respuesta. Las medidas realizadas muestran un comportamiento idéntico a las simulaciones, y por tanto la respuesta es la buscada. En la figura 5 se muestra la respuesta temporal de la imanación en la muestra. En la figura 6 se muestra una estimación de la sensibilidad, para varios campos rotatorios, de este dispositivo en función del diámetro del disco que actúa como cabeza sensora.

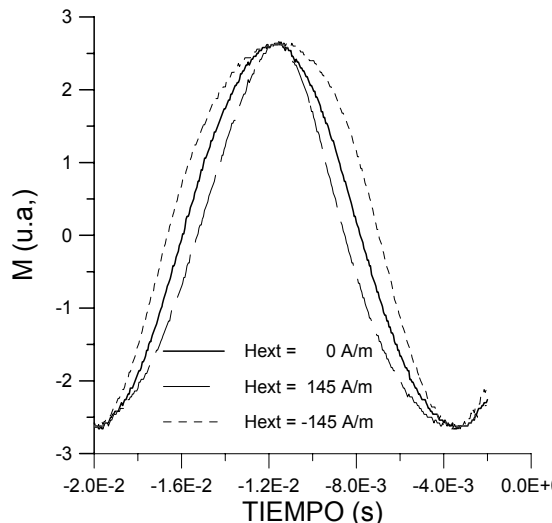


Fig. 5: Respuesta temporal de la imanación en el núcleo sensor para diferentes campos externos.

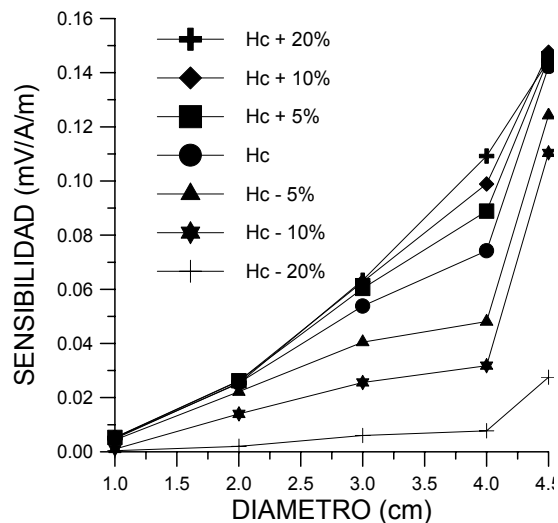


Fig. 6: Sensibilidad en función del diámetro del disco amorfo para varios campos rotatorios.

Sensor de desplazamiento y vibración en estructuras

El objetivo ha sido la elaboración concretamente de un sensor de posición magnético, que nos permita medir y conocer en tiempo real los movimientos que por efecto de vibraciones, efectos térmicos, sobrecargas no contempladas, etc., se produzcan en elementos estructurales de un edificio, aunque puede ser aplicable a otros supuestos, como vibraciones en máquinas, movimientos en presas, etc.

El sensor construido, después de los análisis y experimentos correspondientes, es un sensor de los llamados magnéticos y dentro de estos, los de tipo inductivo, pues va a ser por medio de la variación de los valores de la autoinducción de un solenoide, al deslizarse en su interior un núcleo ferromagnético, como determinemos los desplazamientos y vibraciones cuando se produzcan.

El esquema electrónico del sensor se muestra en la figura 7.

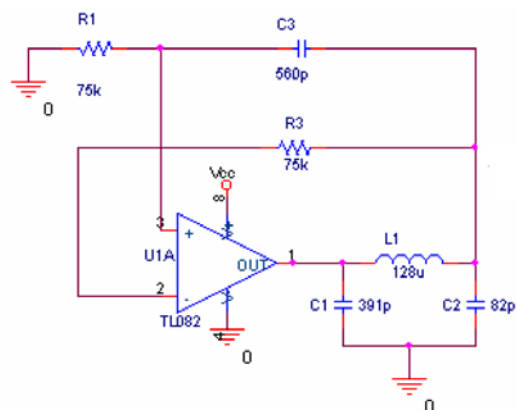


Fig. 7: Circuito con oscilador Colpitts con amplificador operacional como elemento activo de ganancia, realimentado, simulado con PSpice

Se han realizado medidas de estabilidad térmica del sensor, obteniéndose que este presenta una alta inmunidad a las variaciones térmicas. Además, se ha comprobado que debido a la alta frecuencia de operación es capaz de medir vibraciones de hasta 10 Hz de frecuencia.

En la figura 8 se muestra una fotografía del dispositivo de calibración junto con la electrónica del sensor y las cabezas sensoras utilizadas. En la figura 9 se muestra la respuesta del sensor a desplazamientos lineales. La sensibilidad obtenida es de 1/250.000, es decir, se aprecian desplazamientos de μm en rangos de medida de 25 cm.

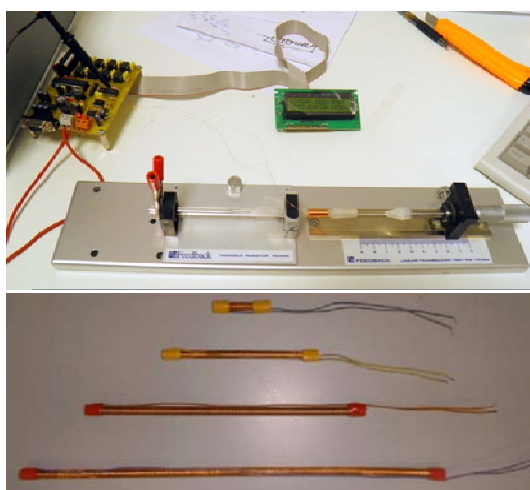


Fig. 8: Fotografía del dispositivo experimental de calibración del sensor y cabezas sensoras.

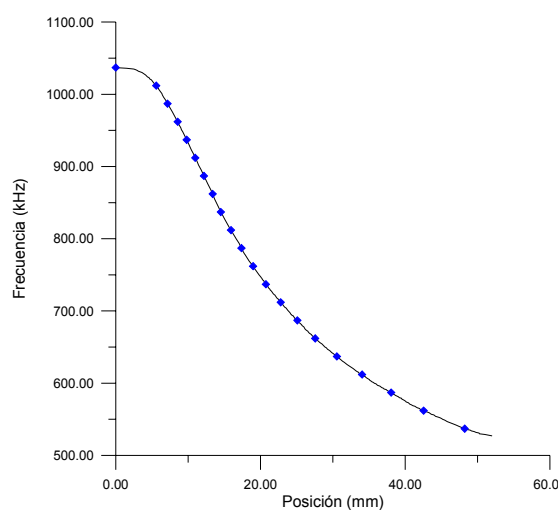


Fig. 9: respuesta del sensor a desplazamientos lineales.

Conclusiones

Dentro de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid, está radicado el Grupo de Sensores y Actuadores, este grupo de investigación consolidado de la Universidad Politécnica de Madrid, mantiene activas diversas líneas de investigación.

Dentro de estas líneas de investigación, las de Sensores y actuadores y Dispositivos electrónicos han ido generando resultados de investigación en forma de artículos publicados en revistas indexadas, comunicaciones a congresos (tanto de ámbito nacional como internacional). Actualmente varios de los trabajos desarrollados en estas líneas se llevan a cabo por alumnos del Máster de Innovación Tecnológica en la Edificación en la realización de sus Trabajos Fin de Máster.

REFERENCIAS

- [1] A. Garcia, E. López, C. Aroca, P. Sánchez and M.C. Sánchez, Sensor and Actuators A, 1994, vol. 42, 442-445.
- [2] C. Morón, A. Garcia, Nanostructured and Non-Crystalline Materials, 1998, 546-550.
- [3] A. Garcia, J.A. Carrasco, J.F. Soto, F. Maganto and C. Morón, Sensor and Actuators A, 2001, vol. 91, 230-232.
- [4] A. García and C. Morón, IEEE Transactions on Magnetism, 2002, vol. 38, 3312-3314.
- [5] A. García, C. Morón, M.T. Carracedo, F. Maganto, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2003, vol. 143/4, 62-65.
- [6] A. Garcia, C. Morón, E. Tremps, F.J. Maganto, J.L. Enríquez, Sensor Letters, 2007, vol. 5, 212-214.
- [7] A. Garcia, F.J. Maganto, E. Tremps, P. Ramirez, C. Morón, 2010, Physica Status Solidi C, en prensa.
- [8] J.A. Somolinos, D. Cortazar, A. Garcia, C. Morón, 2010, Physica Status Solidi C, en prensa.
- [9] A. García, C. Morón, E. Tremps, J.A. Somolinos, M. Redondo, 2010, ISBN.: 978-84-693-2844-8, 19-29.
- [10] J.A. Somolinos, C. Morón, A. García, E. Tremps, M. Redondo, 2010, ISBN.: 978-84-693-2844-8, 60-68.
- [11] C. Morón, E. Tremps, A. García, P. Ramirez, J.A. Somolinos, 2010, ISBN.: 978-84-693-2844-8, 48-59.
- [12] Proyecto: La enseñanza de la Física en la estructura curricular de la titulación de Grado en Ingeniería de Edificación. Referencia: IE105420100, 2010-2011.
- [13] A. García, C. Morón, E. Tremps and J. Pastrana, 2011, EDULEARN11 publications, en prensa.